



JC973 U.S. PTO
09/928946
08/13/01

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 101 22 905.4
Anmeldetag: 11. Mai 2001
Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft,
München/DE
Bezeichnung: Verfahren zur prozessgrößenabhängigen
Kennsignalausgabe
IPC: G 05 B 21/02

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 28. Juni 2001
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

CERTIFIED COPY OF 
PRIORITY DOCUMENT Walner

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

Beschreibung

Verfahren zur prozessgrößenabhängigen Kennsignalausgabe

- 5 Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur prozessgrößenabhängigen Kennsignalausgabe eines Steuer- und/oder Regelprogramms mit zyklischer Abtastung von Prozessgrößen eines technischen Prozesses.
- 10 Zur Steuerung von Maschinen und Anlagen werden heutzutage mikrorechnergestützte Steuerungsbaugruppen eingesetzt, in denen Prozessgrößen des jeweiligen technischen Prozesses, wie beispielsweise Weg, Druck, Temperatur etc., in einem Steuer- und/oder Regelprogramm verarbeitet werden. Die Prozessgrößen
- 15 werden in der Regel zyklisch abgetastet und verarbeitet. Zum Abtastzeitpunkt werden die Momentanwerte der Prozessgrößen festgehalten und zur Verarbeitung weitergeleitet. Im Zeitraum zwischen zwei Abtastungen wird durch das Steuer- und/oder Regelprogramm auf die Momentanwerte in Verarbeitungsschritten
- 20 Bezug genommen.

- Für spezielle Steuerungsaufgaben ist es erforderlich, beim Über- bzw. Unterschreiten von Schwellwerten einer Prozessgröße bestimmte Kennsignale für eine Maschine bzw. Anlage zu generieren. Hierfür sind zusätzliche Vergleichs- und Schaltungsteile in Form von Speichern vorhanden, in denen der Momentanwert der Prozessgröße ständig mit dem Schwellwert verglichen wird. Beim Überqueren eines Schwellwertes in einer bestimmten Richtung oder im Bereich zwischen zwei Schwellwerten
- 25 wird ein Kennsignal generiert. Für je eine zu überwachende Prozessgröße ist ein solches Vergleichs- und Schaltungsteil erforderlich.
- 30

- Aufgabe der Erfindung ist es, eine kostengünstige und technisch optimierte Lösung zur Überwachung von Über- oder Unterschreitungen von Prozessgrößenschwellwerten in einem zykli-
- 35

sche Prozessparameter abtastenden technischen System bereitzustellen.

Gemäß der Erfindung wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass
5 aus mindestens zwei zeitlich vorangegangenen Abtastwerten einer Prozessgröße mit mindestens einem Schwellwert ein Schwellwertdurchschreitungszeitpunkt ermittelt wird. Mit diesem Verfahren kann in vorteilhafter Weise auf Vergleichs- und Schaltungsteile verzichtet werden, da mit Hilfe von Programmschritten
10 prediktiv ein Schwellwertdurchschreitungszeitpunkt ermittelt wird.

Eine erste vorteilhafte Ausbildung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass mit einer Zeitdifferenz zwischen der
15 Prozessgrößenerfassung und der Schwellwertdurchschreitung ein Zeitzählmechanismus gestartet wird, der bei Erreichen dieser Zeitdifferenz das Kennsignal zur Verfügung stellt. Somit kann unabhängig vom Abtastzyklus oder auch einem Prozessortakt mit Hilfe des Kennsignals ein Hardwaremechanismus ausgelöst werden.
20

Eine weitere vorteilhafte Ausbildung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass auf Grund eines Auftretens des Kennsignals der abgelaufenen Zeitdifferenz eine ein- oder
25 mehrstufige Befehlsfolge abgearbeitet wird. Vor der Auslösung einer bestimmten Aktion kann mit Hilfe des Kennsignals eine Befehlsfolge aufgerufen werden, wie beispielsweise ein durch Interrupt aufgerufenes Unterprogramm, in der prozesssituationsabhängig Entscheidungen getroffen werden.

30 Eine weitere vorteilhafte Ausbildung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass der Schwellwertdurchschreitungszeitpunkt aus Abtastwerten einer Prozessgröße mit Hilfe einer mathematischen Näherungsfunktion ermittelt wird. Hierdurch
35 ist es möglich, nicht nur durch eine lineare Extrapolation mindestens der letzten beiden Abtastwerte den Prozessgrößenverlauf zu charakterisieren, sondern es ist auch möglich, mit

Hilfe von verschiedenen mathematischen Funktionen einen Prozessgrößenverlauf zu beschreiben. Hiermit ist eine genaue und angepasste Prozessgrößenbeschreibung möglich.

- 5 Eine weitere vorteilhafte Ausbildung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass
- charakteristische Kennwerte eines technischen Prozesses erfasst werden,
 - aus den Kennwerten eine modellhafte Nachbildung der Steuer- und/oder Regelstrecke in einem Steuer- und/oder Regelprogramm gebildet wird,
 - mindestens eine Stellgröße des technischen Prozesses der modellhaften Nachbildung zugeführt wird und
 - ein Schwellwertdurchschreitungszeitpunkt durch die modellhafte Nachbildung ermittelt wird.
- 10
- 15

Eine weitere vorteilhafte Ausbildung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass der Schwellwertdurchschreitungszeitpunkt in jedem verbleibenden Abtastzyklus mit aktualisierten Momentanwerten der Prozessgröße neu bestimmt und der Zeitzählmechanismus mit einer verbleibenden Zeitdifferenz erstmalig in jenem Abtastzyklus gestartet wird, der dem Abtastzyklus, in welchem die Schwellwertdurchschreitung erwartet wird, vorausgeht und wobei der Zeitzählmechanismus solange die Schwellwertdurchschreitung nicht erfolgt ist, in den folgenden Abtastzyklen mit einer aktualisierten Zeitdifferenz neu gestartet wird.

20

25

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird im folgenden näher erläutert. Dabei zeigen:

30

- FIG 1 einen linear angenäherten Prozessgrößenverlauf zyklischer Abtastwerte,
- 35 FIG 2 einen mit einer mathematischen Funktion angenäherten Prozessgrößenverlauf zyklischer Abtastwerte und

FIG 3 ein symbolisches Regelprogramm mit einer modellhaften Nachbildung einer Steuer- und/oder Regelstrecke.

5 In der Darstellung gemäß FIG 1 sind zwei zyklische Abtastwerte AT1, AT2 über einer Zeitachse t aufgetragen. Die x-Achse, mit t bezeichnet, weist die zyklischen Zeiteinteilungen t_1 bis t_4 auf. Eine weitere Zeitmarke ts_1 kennzeichnet das Ende einer Zeitdifferenz ZD_1 , die vom Zeitpunkt t_2 bis ts_1 verläuft.

10

Auf der y-Achse sind Abtastwerte einer Prozessgröße P aufgetragen. Die y-Achse ist mit $p(t)$ gekennzeichnet. Die Abtastwerte AT1, AT2 weisen die jeweils zugehörigen Momentanwerte p_1 , p_2 auf und sind ebenfalls auf der y-Achse eingetragen.

15 Des Weiteren befindet sich im Diagramm ein Schwellwert S_1 , der auf der y-Achse mit p_{max1} gekennzeichnet ist. Der Schwellwert S_1 ist als horizontale Linie in FIG 1 eingezeichnet.

20 Die Abtastwerte AT1, AT2 stellen die zum Zeitpunkt t_2 aufgenommenen Momentanwerte $p(t)$ dar. Der Zeitpunkt t_2 ist in dem Diagramm mit einer vertikal verlaufenden, gestrichelten Linie gekennzeichnet.

25 Die Abtastwerte AT1 und AT2 sind mit einer durchgezogenen Linie verbunden, die nach dem Zeitpunkt t_2 mit gleicher Steigung gestrichelt fortgeführt ist. Zum Schwellwertdurchschreitungszeitpunkt ts_1 schneidet diese Gerade den Schwellwert S_1 und kennzeichnet damit die Schwellwertdurchschreitung SD_1 .

30 Vom aktuellen Zeitpunkt t_2 bis zum Schwellwertdurchschreitungszeitpunkt ts_1 besteht eine Zeitdifferenz ZD_1 .

35 Mit den Abtastwerten AT1 und AT2 kann durch eine lineare Extrapolation mit Hilfe eines Steuer- und/oder Regelprogramms auf einen Schwellwertdurchschreitungszeitpunkt ts_1 geschlossen werden. Mit der bis dahin verbleibenden Zeitdifferenz ZD_1 kann beispielsweise ein Timer gestartet werden, der bei Ab-

lauf ein Kennsignal zur Verfügung stellt, dessen Auftreten eine abtastzyklusunabhängige Aktion einleiten kann. Mit der Einrichtung eines Timers können Zeitabschnitte definiert werden, an deren Anschluss direkt eine Aktion auch zu einem zwischen zwei Abtastungen liegenden Zeitpunkt erfolgen soll.

Unter der Zeitachse t der Darstellung gemäß FIG 1 sind die Abtastzyklen A12 bis A34 in Form von rechteckigen Zeitabschnitten dargestellt. Zum Zeitpunkt t_2 noch nicht abgelaufene Abtastzyklen A23 und A34 sind mit einer gestrichelten Umrandung eingezeichnet.

Ein Steuer- und/oder Regelprogramm kann in diesem Ausführungsbeispiel den Schwellwertdurchschreitungszeitpunkt ts_1 im Abtastzyklus A34 vorhersagen. Hierzu werden keine Hardwarebaugruppen, wie beispielsweise Komparatoren, benötigt. Da der Zeitpunkt ts_1 vorab im System bekannt ist, ist es auch denkbar, dass bereits vorher Maßnahmen eingeleitet werden, die ein Überschießen der Momentanwerte p_1 , p_2 der Prozessgröße P weitestgehend verhindern. Diese Maßnahmen können beispielsweise von der Steigung der Näherungsfunktion der Abtastwerte AT_1 und AT_2 und/oder der Zeitdifferenz ZD_1 abhängen. Vorteilhaft wirkt sich hier aus, dass bereits eine Überschreitung eines Schwellwertes S_1 der Prozessgröße P im System erwartet wird. Bei der Verwendung von Hardware-Komparatoren kann erst nach dem Eintreten eines Ereignisses reagiert werden. Die Prozessgröße P kann zum Reaktionszeitpunkt, nach Signallauf- und Verarbeitungszeit, bereits weit über den Schwellwert S_1 gestiegen sein.

30

In der Darstellung gemäß FIG 2 ist ein mit einer mathematischen Funktion angenäherter Prozessgrößenverlauf zyklischer Abtastwerte dargestellt. Zum Zeitpunkt t_5 ist der Abtastwert AT_5 , zum Zeitpunkt t_6 ist der Abtastwert AT_6 und zum Zeitpunkt t_7 ist der Abtastwert AT_7 aufgenommen worden. Die Momentanwerte der Prozessgröße P sind an der y -Achse $p(t)$ mit p_5 bis p_7 gekennzeichnet. Des Weiteren ist ein Schwellwert S_2

als horizontale Linie im Diagramm eingezeichnet und mit $p_{\max 2}$ an der y-Achse gekennzeichnet. Die Abtastwerte AT5 bis AT7 sind mit einer mathematischen Näherungsfunktion beschrieben und mit einer durchgezogenen Linie bis zum Zeitpunkt t_7 eingezeichnet. Der weitere Verlauf der Funktion ist zweigeteilt gestrichelt fortgeführt und mit 1) bzw. 2) gekennzeichnet. Ein Steuer- und/oder Regelprogramm kann ermitteln, dass im Abtastzyklus A89 der Schwellwertdurchschreitungszeitpunkt ts_2 bzw. ts_3 liegt.

10

Der momentane Abtastzeitpunkt t_7 ist in FIG 2 auch mit einer vertikal gestrichelten Linie eingezeichnet. Da der zunächst voraussichtliche Schwellwertdurchschreitungszeitpunkt ts_2 im von diesem Zeitpunkt aus gesehenen übernächsten Abtastzyklus A89 liegt, wird der Zeitzählmechanismus mit der Zeitdifferenz ZD2 zum Zeitpunkt t_7 gestartet.

15

20

Liegen mehrere Abtastzyklen A12 bis A89 zwischen der momentanen Abtastzeit und dem Schwellwertdurchschreitungszeitpunkt ts_1 bis ts_3 , so kann die Aktualisierung der Prozessgrößen P dazu führen, dass ein neuer Schwellwertdurchschreitungszeitpunkt ts_1 bis ts_3 bestimmt wird.

25

30

35

Dieses ist in der Darstellung gemäß FIG 2 der Fall. Es sei angenommen, dass aufgrund eines zukünftigen Abtastwertes zum Zeitpunkt t_8 sich der Näherungsfunktionsverlauf derart ändert, dass seine Werte nicht mehr auf der gestrichelten Funktionslinie a), sondern b) liegen. Somit ergibt sich eine neue Schwellwertdurchschreitung SD3 zum Zeitpunkt ts_3 . Der ursprünglich zum Zeitpunkt ts_2 planmäßig auslaufende Timer wird zum Zeitpunkt t_8 mit einer neu ermittelten, verbleibenden Zeitdifferenz ZD3 gestartet und läuft aktuell zum Zeitpunkt ts_3 aus. Diese kontinuierliche Nachführung des Schwellwertdurchschreitungszeitpunktes ts_1 bis ts_3 ermöglicht eine genauere Vorhersage von Schwellwertdurchschreitungen SD1 bis SD3.

In der Darstellung gemäß FIG 3 ist ein symbolisches Regelprogramm mit einer modellhaften Nachbildung einer Steuer- und/oder Regelstrecke dargestellt. Dabei besitzt ein Steuer- und/oder Regelprogramm R die Eingangsgrößen EG1 bis EG3 und die Stellgrößen SG1 bis SG3. Das Steuer- und/oder Regelprogramm R besitzt eine rechteckförmige Außenkontur, zu der die pfeilartig dargestellten Eingangsgrößen EG1 bis EG3 führen. Die Stellgrößen SG1 bis SG3 stellen Ausgangsgrößen des Steuer- und/oder Regelprogramms R dar. Weitere, der Übersichtlichkeit halber nicht eingezeichnete Eingangsgrößen EG1 bis EG3 und Stellgrößen SG1 bis SG3 sind jeweils durch drei vertikal eingezeichnete Punkte unter den Pfeileingangs- bzw. -ausgangsgrößen dargestellt.

In dem Steuer- und/oder Regelprogramm R befindet sich eine modellhafte Nachbildung M eines technischen Prozesses. Diese Nachbildung M ist mit der Kenntnis von charakteristischen Kennwerten des Prozesses erstellt worden. Von der modellhaften Nachbildung M führt eine pfeilartige Verbindung zu einem Blockschaltbild mit der Kennzeichnung SP. Dieses realisiert in dem Steuer- und/oder Regelprogramm R eine Schwellwertprüfung. Mindestens eine Stellgröße SG1 bis SG3 des Steuer- und/oder Regelprogramm R wird auf die modellhafte Nachbildung M geführt. Dieses ist durch eine pfeilartige Verbindung von der Stellgröße SG3 zum Modell M eingezeichnet.

Durch die Kenntnis der dynamischen Kennwerte des technischen Prozesses lässt sich ein zukünftiger Verlauf einer Prozessgröße P wesentlich exakter ermitteln. Je nach den Erfordernissen kann ein mehr oder weniger komplexes Modell M implementiert werden. Es ist sogar denkbar, dass hierbei ein adaptives Modell Verwendung findet. Aufgrund des Verlaufs einer Prozessgröße P können damit bestimmte Parameter verfeinert oder aktualisiert werden.

Es ist weiterhin denkbar, dass aufgrund einer zukünftigen Schwellwertdurchschreitung SD1 bis SD3 eine Stellgröße SG1

bis SG3 bereits im Vorfeld von einem Steuer- und/oder Regelprogramm R verändert wird, so dass eine gegenläufige Wirkung auf den Verlauf der Prozessgröße P erzielt wird.

- 5 Bei der Nachbildung des Verlaufes einer Prozessgröße P besteht die Möglichkeit, dass eine mathematische Näherungsfunktion direkt durch die Abtastwerte AT1, AT2, AT5 bis AT7 mit einer mathematischen Funktion n-ter Ordnung verläuft. Es ist jedoch auch denkbar, dass vor der Nachbildung des Funktionsverlaufs eine Filterfunktion geschaltet wird, so dass die
- 10 Messwerte nicht unbedingt mit einigen Funktionswerten der Näherungsfunktion zusammenfallen. Dieses ist in der Darstellung gemäß FIG 2 mit dem Funktionsverlauf der Prozessgröße P der Fall. Eine Filterfunktion filtert beispielsweise ein Rauschen
- 15 um die Abtastwerte AT1, AT2, AT5 bis AT7 heraus und ermittelt im Anschluss mit einer Näherungsfunktion einen Funktionsverlauf. Weiterhin ist auch eine Hardwarefilterung denkbar, die die Abtastwerte AT1, AT2, AT5 bis AT7 vor Verarbeitung in einen Steuer- und/oder Regelprogramm R filtert.

Patentansprüche

1. Verfahren zur prozessgrößenabhängigen Kennsignalausgabe eines Steuer- und/oder Regelprogramms mit zyklischer Abtastung von Prozessgrößen eines technischen Prozesses, d a -
5 d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass aus mindestens zwei zeitlich vorangegangenen Abtastwerten (AT1, AT2, AT5-AT7) einer Prozessgröße (P) mit mindestens einem Schwellwert (S1, S2) ein Schwellwertdurchschreitungszeitpunkt (ts1-
10 ts3) ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n -
z e i c h n e t, dass mit einer Zeitdifferenz (ZD1-ZD3) zwischen der Prozessgrößenerfassung und der Schwellwertdurchschreitung (SD1-SD3) ein Zeitzählmechanismus gestartet wird,
15 der bei Erreichen dieser Zeitdifferenz (ZD1-ZD3) das Kennsignal zur Verfügung stellt.
3. Verfahren nach Anspruch 2, d a d u r c h g e k e n n -
20 z e i c h n e t, dass aufgrund eines Auftretens des Kennsignals der abgelaufenen Zeitdifferenz (ZD1-ZD3) eine ein- oder mehrstufige Befehlsfolge abgearbeitet wird.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, d a -
25 d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass der Schwellwertdurchschreitungszeitpunkt (ts1-ts3) aus Abtastwerten (AT1, AT2, AT3-AT5) einer Prozessgröße (P) mit Hilfe einer mathematischen Näherungsfunktion ermittelt wird.
- 30 5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass
 - 5.1 charakteristische Kennwerte eines technischen Prozesses erfasst werden,
 - 5.2 aus den Kennwerten eine modellhafte Nachbildung (M) der
35 Steuer- und/oder Regelstrecke in einem Steuer- und/oder Regelprogramm (R) gebildet wird,

5.3 mindestens eine Stellgröße (SG) des technischen Prozesses der modellhaften Nachbildung (M) zugeführt wird und

5.4 ein Schwellwertdurchschreitungszeitpunkt (ts1-ts3) durch die modellhafte Nachbildung (M) ermittelt wird.

5

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, da -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass der Schwell-
wertdurchschreitungszeitpunkt (ts1-ts3) in jedem verbleiben-
den Abtastzyklus (A12-A89) mit aktualisierten Momentanwerten
10 (p1,p2,p5-p7) der Prozessgröße (P) neu bestimmt und der Zeit-
zählmechanismus mit einer verbleibenden Zeitdifferenz (ZD1-
ZD3) erstmalig in jenem Abtastzyklus (A12-A89) gestartet
wird, der dem Abtastzyklus (A12-A89), in welchem die Schwell-
wertdurchschreitung (SD1-SD3) erwartet wird, vorausgeht und
15 wobei der Zeitzählmechanismus solange die Schwellwertdurch-
schreitung (SD1-SD3) nicht erfolgt ist, in den folgenden Ab-
tastzyklen (A12-A89) mit einer aktualisierten Zeitdifferenz
(ZD1-ZD3) neu gestartet wird.

Zusammenfassung

Verfahren zur prozessgrößenabhängigen Kennsignalausgabe

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur prozessgrößenabhän-
gigen Kennsignalausgabe eines Steuer- und/oder Regelprogramms
mit zyklischer Abtastung von Prozessgrößen eines technischen
Prozesses. Aus mindestens zwei zeitlich vorangegangenen Ab-
tastwerten (AT1,AT2,AT5-AT7) einer Prozessgröße (P) wird ein
10 Schwellwertdurchschreitungszeitpunkt (ts1-ts3) ermittelt. An
diesem Zeitpunkt kann ein Kennsignal ausgelöst werden, was
eine ein- oder mehrstufige Befehlsfolge aufrufen kann. Ebenso
kann der Schwellwertdurchschreitungszeitpunkt (ts1-ts3) mit
Hilfe einer mathematischen Näherungsfunktion und den Abtast-
15 werten (AT1,AT2,AT5-AT7) ermittelt werden. Ein Zeitzählmecha-
nismus kann in dem der Schwellwertdurchschreitung (SD1-SD3)
vorausgehenden voraussichtlichen Abtastzyklus (A12 bis A89)
mit einer bis zur Schwellwertdurchschreitung (SD1-SD3)
verbleibenden Zeitdifferenz (ZD1-ZD3) gestartet werden. Mit
20 einem weiteren, darauffolgenden Abtastwert (AT1,AT2,AT5-AT7)
und der Näherungsfunktion wird der Schwellwertdurchschrei-
tungszeitpunkt (ts1-ts3) neu bestimmt und die verbleibende
Zeitdifferenz (ZD1-ZD3) des Zeitzählmechanismus gegebenen-
falls neu angepasst.

25
FIG 1

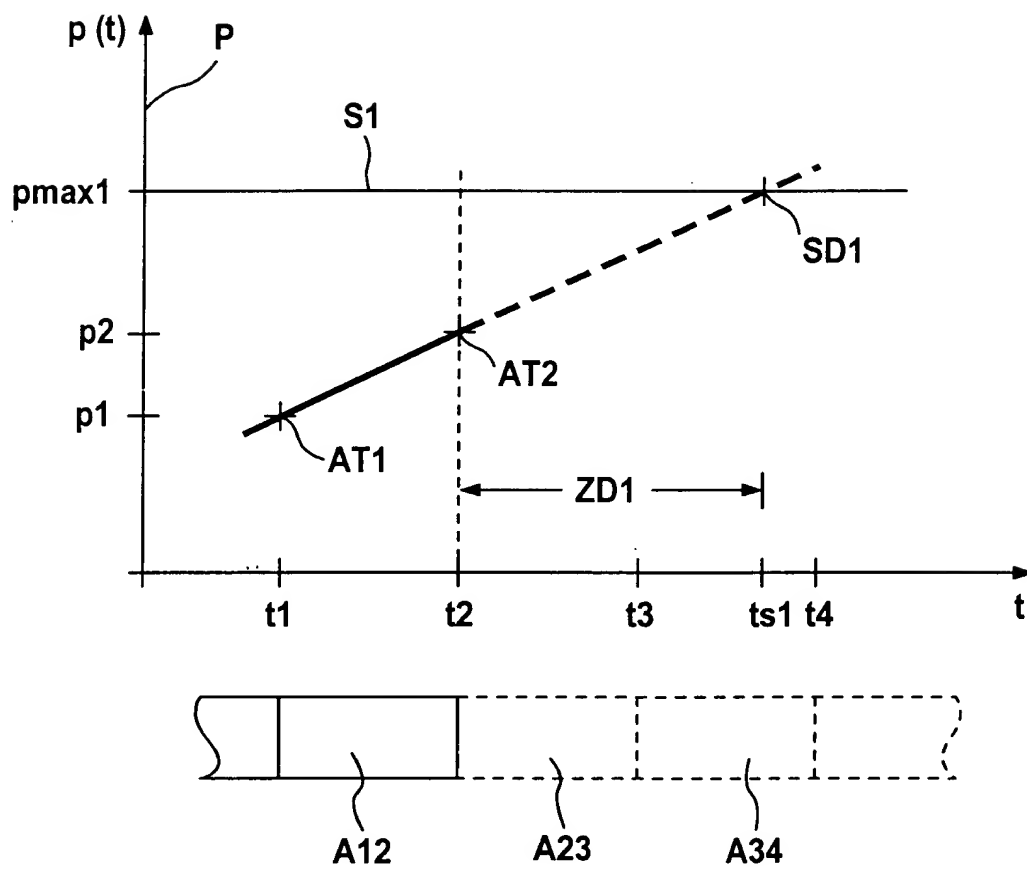


FIG 1

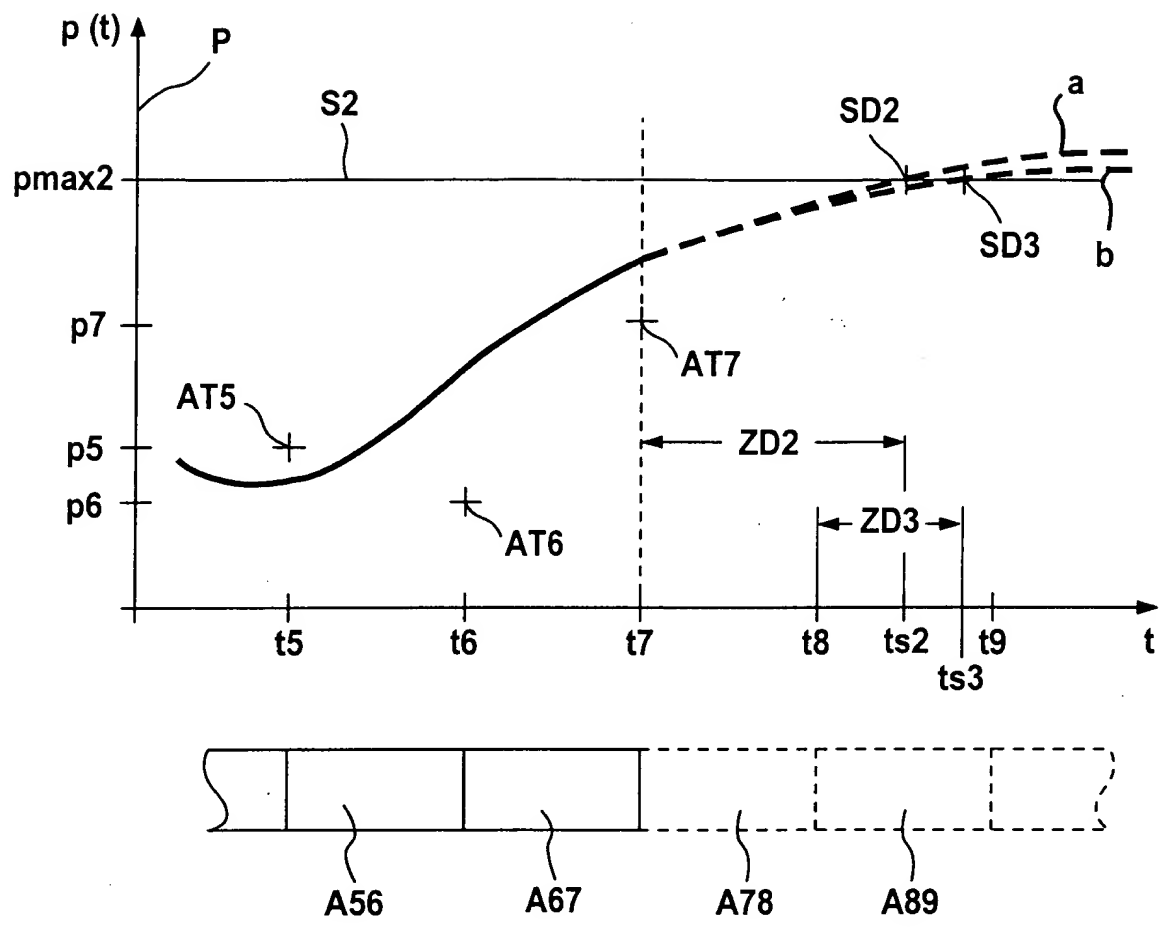


FIG 2

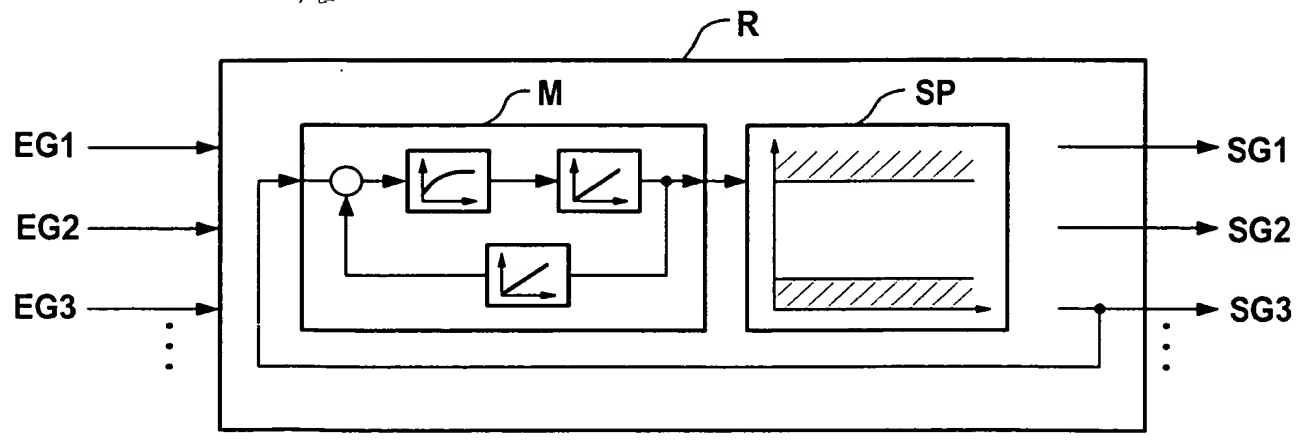


FIG 3